MS001.02.012TP.1.0

MS-001

控制电路板

加速寿命测试方案

编制/日期：

审核/日期：

批准/日期：

杭州三坛医疗科技有限公司

文档更改履历

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 版本号 | 发布/实施日期 | 更改内容概述 | 更改者 |
| V1.0 |  | 文件新编 |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**目录**

[1. 方案概述 1](#_Toc32589)

[1.1. 目标 1](#_Toc16251)

[1.2. 适用范围 1](#_Toc28997)

[1.3. 参考资料 1](#_Toc3031)

[2. 测试方案 1](#_Toc22398)

[2.1. 目标 1](#_Toc24804)

[2.2. 概述 1](#_Toc1110)

[2.3. 常见加速模型 2](#_Toc3331)

[2.3.1. 温度加速因子 2](#_Toc17437)

[2.3.2. 湿度加速因子 3](#_Toc27867)

[2.3.3. 温度变化加速因子 3](#_Toc1072)

[2.4. 试验方案 3](#_Toc22133)

[2.5. 测试环境 4](#_Toc28681)

[2.6. 测试内容 4](#_Toc9877)

[2.6.1. 功能测试 4](#_Toc7112)

[2.6.2. 加速寿命测试 4](#_Toc18847)

[2.6.3. 测试结果 5](#_Toc20473)

[2.6.4. 结论 5](#_Toc9404)

# 方案概述

## 目标

为了验证控制电路板在MS-001系统内是否达到开发需求的设计目标，满足MS-001系统在使用期限内可正常工作的要求。

## 适用范围

适用于MS-001控制电路板加速寿命测试。

## 参考资料

《MS-001使用期限分析评价报告》

GB∕T 34986-2017《产品加速试验方法》

# 测试方案

## 目标

控制电路板是MS-001系统内的重要组成模块，其功能影响到MS-001能否正常工作，根据《MS-001使用期限分析评价报告》中的设定，MS-001系统预期每天做4台手术，每台手术时间2小时，每年360日工作时间，有效期为8年。设备在有效期内的工作时间约为4\*2\*360\*8=23040小时。本测试方案主要验证控制电路板是否满足23360小时使用寿命要求。

## 概述

在正常工作条件下，常常采用寿命试验方法去评估产品的各种可靠性特征。对于那种寿命比较长的产品来说，不是一种合适的方法，因此，在寿命试验的基础上形成的加大应力、缩短时间的加速寿命试验方法逐渐取代了常规的寿命试验方法。

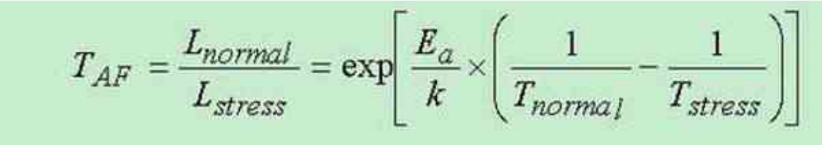
加速寿命试验是用加大试验应力（诸如热应力、电应力等）的方法，激发产品在短时间内产生跟正常应力水平下相同的失效，缩短试验周期，然后运用加速寿命模型，评估产品在正常工作应力条件下的可靠性特征，加速环境试验是近年来快速发展的一项可靠性试验技术。该技术突破了传统可靠性试验的技术思路，将激发的试验机制引入到可靠性试验，可以大大缩短试验时间，提高试验效率，降低试验损耗。

## 常见加速模型

加速环境试验是一种激发试验，它通过强化的应力环境来进行可靠性试验。加速环境试验的加速水平通常用加速因子来表示。加速因子的含义是指设备在正常工作应力下的寿命与在加速环境下的寿命之比，通俗来讲就是指一小时试验相当于正常使用的时间。因此加速因子的计算成为加速寿命试验的核心问题，也成为客户最为关心的问题。加速因子的计算也是基于一定的物理模型的，因此下面分别说明常用应力的加速因子的计算方法。

### 温度加速因子

温度的加速因子由Arrhenius模型计算：



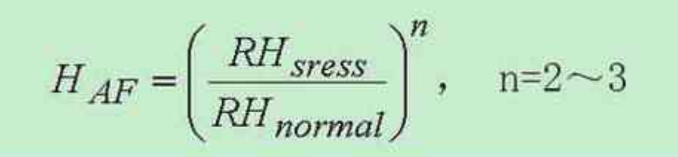
其中， Lnormal为正常应力下的寿命，Lstress为高温下的寿命，Tnormal为室温绝对温度，Tstress为高温下的绝对温度，Ea为失效反应的活化能（eV），k为Boltzmann常数，8.62×10-5eV/K，实践表明绝大多数电子元器件的失效符合Arrhenius模型，表1给出了半导体元器件常见的失效反应的活化能。

表1半导体元器件常见失效类型的活化能

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 设备名称 | 失效类型 | 失效机理 | 活化能（eV） |
| IC | 断开 | Au-Al金属件产生化合物 | 1.0 |
| IC | 断开 | Al的电迁移 | 0.6 |
| IC（塑料） | 断开 | Al腐蚀 | 0.56 |
| MOS IC（存储器） | 短路 | 氧化膜破坏 | 0.3-0.35 |
| 二极管 | 短路 | PN结破坏（Au-Si固相反应） | 1.5 |
| 晶体管 | 短路 | Au的电迁移 | 0.6 |
| MOS器件 | 阈值电压漂移 | 发光玻璃极化 | 1.0 |
| MOS器件 | 阈值电压漂移 | Na离子漂移至Si氧化膜 | 1.2-1.4 |
| MOS器件 | 阈值电压漂移 | Si-Si氧化膜发缓慢牵引 | 1.0 |

### 湿度加速因子

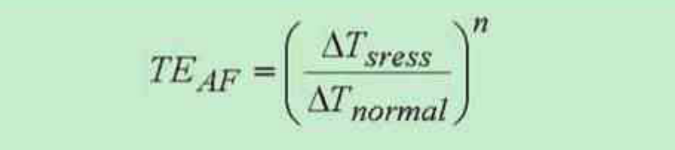
湿度的加速因子由Hallberg和Peck模型计算：



其中，RHsress为加速试验相对湿度，RHnormal为正常工作相对湿度，n为湿度的加速率常数，不同的失效类型对应不同的值，一般介于2-3之间。

### 温度变化加速因子

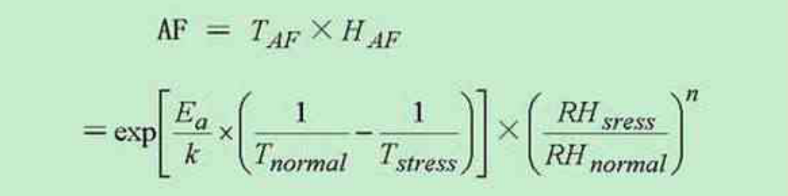
温度的加速因子由Coffin-Mason公式计算：



其中，△Tsress为加速试验下的温度变化，△Tnormal为正常应力下的温度变化，n为温度变化的加速率常数，不同的失效类型对应不同的值，一般介于4-8之间。

## 试验方案

影响本系统使用寿命的主要部件有设备内部的电路板，而决定这些部件的寿命环境因素主要为温度和湿度，本试验采用最弱链条的失效模型，通过提高试验温度和湿度来考核产品的使用寿命。在75℃、80%RH下做加速寿命测试，故其加速因子应为温度加速因子和湿度加速因子的乘积，计算如下：



计划在75℃、80%RH下做加速寿命测试，故其加速因子应为温度加速因子和湿度加速因子的乘积，计算如下：其中，Ea为激活能（eV）一般情k为玻尔兹曼常数且k=8.6×10-5eV/K，T为绝对温度、RH为相对湿度（单位%）况下n取为2。根据产品的特性，取Ea为0.6eV，室温取为25℃、75%RH，把上述数据带入计算，求AF=32.77，即在75℃、80%RH下做1小时试验相当于室温下寿命约32.77小时。

MS-001系统预期每天做4台手术，每台手术时间2小时，每年360日工作时间，有效期为8年。设备在有效期内的工作时间约为4\*2\*360\*8=23040小时。加速试验时间约为23040/32.77/24≈30天。

本次试验包含MS-001系统的内部控制电路板（UPS控制板、UR控制板、按键板、LED灯板、RGB灯板和激光控制板），每种电路板各3套同时进行恒定应力寿命试验，试验时仪器正常通电，每天进行24小时试验，连续测试30天后，试验结束。

## 测试环境

温度：75℃

湿度：80%RH

设备：高低温试验箱

## 测试内容

### 功能测试

将UPS控制板、UR控制板、按键板、RGB灯板、激光控制板、LED灯板每种电路板各3套作为此次测试对象，在进行加速寿命测试前先对其进行功能及工作参数测试，并记录相应的测试数据。

### 加速寿命测试

在保证每块电路板功能正常的前提下，将UPS控制板、UR控制板、按键板、LED灯板、RGB灯板和激光控制板每种电路板各3套全部放置于高低温试验箱中进行恒定应力寿命试验，验证时控制电路板正常通电，每天进行24小时试验，每隔8天进行一次工作状态及外观检查，以确定试验阶段产品的完好性。试验结束后产品需静置于室温环境2小时，然后进行功能测试并记录数据。

### 测试结果

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 阶段及节点 | | 试验记录 |
| 1 | 试验开始时 |  | 附表1 |
| 2 | 试验进行中 |  | 附表2 |
|  | 附表3 |
|  | 附表4 |
| 3 | 试验结束时 |  | 附表5 |

### 结论

根据试验前后测试数据，对此次试验结果作出判断。

附件

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 部件名称 | 模块编号 | 外观完好 | 工作状态 |
| UPS控制板 | 1号 |  |  |
| 2号 |  |  |
| 3号 |  |  |
| UR控制板 | 1号 |  |  |
| 2号 |  |  |
| 3号 |  |  |
| 按键板 | 1号 |  |  |
| 2号 |  |  |
| 3号 |  |  |
| RGB灯板 | 1号 |  |  |
| 2号 |  |  |
| 3号 |  |  |
| 激光控制板 | 1号 |  |  |
| 2号 |  |  |
| 3号 |  |  |
| LED灯板 | 1号 |  |  |
| 2号 |  |  |
| 3号 |  |  |
| 操作人： | | 日期： | |